

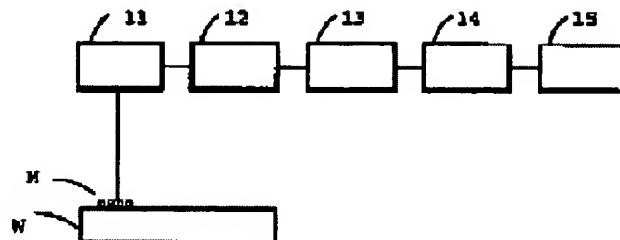
METHOD AND DEVICE FOR DETECTING POSITION

Patent number: JP10284406
Publication date: 1998-10-23
Inventor: KOGA SHINICHIRO
Applicant: CANON INC
Classification:
- **international:** H01L21/027; G01B11/00; G03F9/00; H01L21/68
- **europaean:**
Application number: JP19970105208 19970407
Priority number(s):

Abstract of JP10284406

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect position with stabilized precision even when one period length as a basic waveform for signal processing is not known precisely, by generating a periodic pattern signal as well as adjusting the processing width of an orthogonal transformation, calculating the phase of the periodic pattern signal, and obtaining the position on the basis of the phase.

SOLUTION: A periodic pattern signal is generated by a means 11 for generating periodic pattern signal, according to the position of a mark M for positioning formed on a wafer W, and an orthogonal transformation width is adjusted by a means 12 for adjusting processing width of the orthogonal transformation. Further, one-dimensional discrete signal string with periodicity outputted from the means 11 is subjected to an orthogonal transformation through an orthogonal transformation means 13, and the phase of periodic pattern signal is calculated by using values in such a frequency space domain by means of a phase calculation means 14. The calculated phase is obtained by a phase calculation means 15 so as to convert it into a quantity of positional deviation, that is, a positioning mark M position.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

Family list

2 family member for:

JP10284406

Derived from 1 application.

[Back to JP1028440](#)

1 METHOD AND DEVICE FOR DETECTING POSITION

Publication info: **JP3450645B2 B2** - 2003-09-29

JP10284406 A - 1998-10-23

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-284406

(43)公開日 平成10年(1998)10月23日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	F I
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30 5 2 5 W
G 0 1 B 11/00		G 0 1 B 11/00 G
G 0 3 F 9/00		G 0 3 F 9/00 H
H 0 1 L 21/68		H 0 1 L 21/68 F
		21/30 5 2 5 P
審査請求 未請求 請求項の数26 F D (全 13 頁)		

(21)出願番号 特願平9-105208

(22)出願日 平成9年(1997)4月7日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 古賀 慎一郎

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社

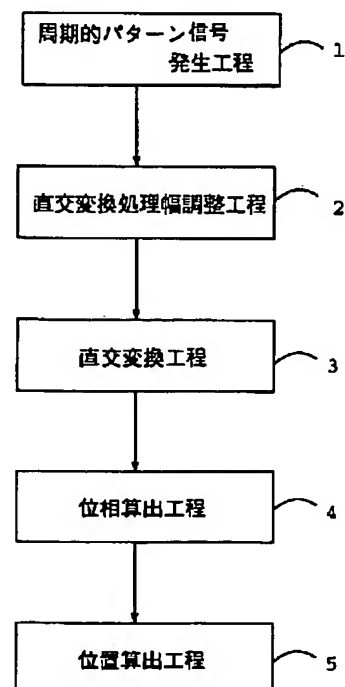
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 位置検出方法及び位置検出装置

(57)【要約】

【課題】 信号処理する際の基本波形となる1周期長が正確に分かっていない場合でも、安定した精度で位置を検出できる方法及び装置を提供すること。

【解決手段】 周期的パターン信号を発生させるマークを有する物体の位置を検出する方法及び装置において、マークから発生する周期的パターン信号に対して直交変換を施すとともに、該直交変換の処理幅を調整する直交変換処理幅調整工程を設け、前記周期的パターン信号を特徴づける注目周波数のパワーが最大となる値に直交変換処理幅を調整して前記物体の位置を求めること。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 周期的パターン信号を発生させるマークを有する物体の位置を検出する位置検出方法において、前記マークから発生した周期的パターン信号に対し直交変換を施す際の処理幅を調整する直交変換処理幅調整工程と、直交変換を行なう直交変換工程と、前記周期的パターン信号の位相を算出する位相算出工程と、該位相から物体の位置を算出する位置算出工程とを備えることを特徴とする位置検出方法。

【請求項2】 前記直交変換処理幅調整工程が、前記周期的パターン信号を特徴づける注目周波数のパワーが最大となる値に前記処理幅を調整することを特徴とする請求項1記載の位置検出方法。

【請求項3】 前記直交変換処理幅調整工程において処理幅を変更しながら注目周波数のパワーを算出し、該パワーが最大となる値に前記処理幅を調整することを特徴とする請求項2記載の位置検出方法。

【請求項4】 前記直交変換処理幅調整工程において前記処理幅を前記注目周波数のパワーが大きくなる方向に変更しながら調整することを特徴とする請求項3記載の位置検出方法。

【請求項5】 前記直交変換処理幅調整工程において異なる複数個の処理幅で注目周波数のパワーを算出してパワーと処理幅の関係を関数で近似し、該パワーが最大となる値に前記直交変換処理幅を調整することを特徴とする請求項2記載の位置検出方法。

【請求項6】 前記直交変換処理幅調整工程において処理幅とパワーの関係を2次関数で近似し、前記注目周波数のパワーが最大となる値に前記処理幅を調整することを特徴とする請求項5記載の位置検出方法。

【請求項7】 前記直交変換処理幅調整工程において端にない処理幅のパワーが最大であるように選択した異なる3つ以上の処理幅で直交変換を行うことを特徴とする請求項6記載の位置検出方法。

【請求項8】 前記直交変換処理幅調整工程において初期設定した処理幅でパワースペクトルを求め、該パワースペクトル上の注目周波数付近においてパワーを補間してパワーが最大となる周波数を求め、該周波数から初期設定した処理幅を補正した補正処理幅を求めることを特徴とする請求項2記載の位置検出方法。

【請求項9】 前記直交変換処理幅調整工程において少なくとも3つの異なる周波数のパワーの値を用いて、加重平均による補間で前記補正処理幅を求めることを特徴とする請求項8記載の位置検出方法。

【請求項10】 請求項8を用いた直交変換処理幅調整工程を請求項3の直交変換処理幅調整工程に先立って行なうことを特徴とする請求項2記載の位置検出方法。

【請求項11】 請求項8を用いた直交変換処理幅調整工程を請求項3の直交変換処理幅調整工程に先立って行なうことを特徴とする請求項5記載の位置検出方法。

【請求項12】 請求項8を用いた直交変換処理幅調整工程、請求項5の直交変換処理幅調整工程、請求項3の直交変換処理幅調整工程の順に信号処理を行なうことを特徴とする請求項2記載の位置検出方法。

【請求項13】 直交変換処理幅調整工程において該工程を行なう以前の直交変換処理幅調整工程の結果得られた処理幅を使用し、前記直交変換処理幅調整工程をスキップすることを特徴とする請求項1記載の位置検出方法。

【請求項14】 直交変換処理幅調整工程を行なった結果得られる処理幅の履歴を記憶し、該処理幅の変化が所定の値以下であるときには前記直交変換処理幅調整工程をスキップすることを特徴とする請求項1記載の位置検出方法。

【請求項15】 前記直交変換処理幅調整工程をスキップする際にはスキップする前の複数回の処理幅からの計算で処理幅を決定することを特徴とする請求項14記載の位置検出方法。

【請求項16】 前記直交変換処理幅調整工程をスキップするか否かを定期的に判断することを特徴とする請求項14記載の位置検出方法。

【請求項17】 前記周期的パターン信号を前記マークを撮像面上に結像することによって得ることを特徴とする請求項1記載の位置検出方法。

【請求項18】 前記周期的パターン信号を前記マークの回折光を撮像面上で干渉させることによって得ることを特徴とする請求項1記載の位置検出方法。

【請求項19】 周期的パターン信号を発生させるマークを有する物体の位置を検出する位置検出装置において、前記マークからの周期的パターン信号を検出する撮像手段と、該周期的パターン信号に対して直交変換を施す際の処理幅を調整する直交変換処理幅調整手段と、直交変換を行なう直交変換手段と、前記周期的パターン信号の位相を算出する位相算出手段と、該位相から物体の位置を算出する位置算出手段を具備したことを特徴とする位置検出装置。

【請求項20】 前記直交変換処理幅調整手段が、前記周期的パターン信号を特徴づける注目周波数のパワーが最大となる値に前記直交変換処理幅を調整することを特徴とする請求項19記載の位置検出装置。

【請求項21】 前記周期的パターン信号を前記マークを撮像面上に結像することによって得ることを特徴とする請求項19記載の位置検出装置。

【請求項22】 前記周期的パターン信号を前記マークの回折光を撮像面上で干渉させることによって得ることを特徴とする請求項19記載の位置検出装置。

【請求項23】 ウエハー上に設けた周期的パターン信号を発生させるマークの位置を検出して位置合わせを行ない、該ウエハー面上に回路パターンを形成する半導体露光装置において、前記マークからの周期的パターン信

号を検出する撮像手段と、該周期的パターン信号に対して直交変換を施す際の処理幅を調整する直交変換処理幅調整手段と、直交変換を行なう直交変換手段と、前記周期的パターンの位相を算出する位相算出手段と、該位相から物体の位置を算出する位置算出手段を具備したことを特徴とする半導体露光装置。

【請求項24】 前記直交変換処理幅調整手段が、前記周期的パターン信号を特徴づける注目周波数のパワーが最大となる値に前記処理幅を調整することを特徴とする請求項23記載の半導体露光装置。

【請求項25】 前記周期的パターン信号を前記マークを撮像面上に結像することによって得ることを特徴とする請求項23記載の半導体露光装置。

【請求項26】 前記周期的パターン信号を前記マークの回折光を撮像面上で干渉させることによって得ることを特徴とする請求項23記載の半導体露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はマスク面上の電子回路パターンを半導体基板（ウエハ）上に投影露光し光学素子を製造する半導体露光装置等において、各部材の位置合わせを精密にする際に好適な位置検出方法及び位置検出装置に関する。特に本発明は半導体露光装置でのウエハ、マスク、ステージなどの位置検出を行い、さらにウエハとマスク、マスクと装置の基準位置、装置部品間の相対位置合わせ等に好適なものである。

【0002】この他本発明は、精密な位置合わせを必要とする装置において、物体の位置を検出する方法および装置に関する。例えば、電子回路パターンを半導体基板上に投影露光する半導体露光装置における、ウエハ、マスク、半導体露光装置の一部（ステージなど）の位置検出に適用でき、ウエハとマスク、マスクと装置基準位置、装置部品などの位置合わせなどに利用可能である。

【0003】

【従来の技術】物体の位置の精密検出は工作機械やロボットなど様々な分野で利用され、さらなる精度向上が求められている。例えば半導体露光装置においては、DRAMに代表される半導体の集積度はますます高くなり、半導体素子上に形成するパターン寸法はさらに微細な方向へ進んでいる。このような背景から半導体露光装置の位置合わせにおけるマスクとウエハなどの位置検出技術の精度向上が重要な課題となっている。

【0004】従来、物体の位置を精密に検出する方法の1つとして、予め位置を検出する対象物上にマークを形成し、該マークを撮像して得られる信号からマークの位置を検出する方法が知られている。例えば半導体露光装置における位置合わせ、いわゆるアライメントにおいては、従来からウエハ、マスク、ステージ等の対象物上に形成したマークを観察することにより、対象物の相対的位置情報を得て、位置合わせする方法が一般的であっ

た。

【0005】また対象物上に形成したマークを撮像して位置を検出する別の方法としては、特開平3-282715号公報や特開平5-343291号公報に見られるように、マークの像として周期的パターンを発生し、その周期の位相ずれを検出して位置を求める方法が提案されている。

【0006】以下従来例について簡単に説明する。図12は従来の位置検出系の構成を示したフローチャートである。マーク像として得られるパターンは撮像素子上に周期性があるように形成される。

【0007】信号処理は上記パターンの撮像信号から1次元離散電気信号列を作る周期的パターン信号発生工程1、周期的パターン信号発生工程1で得た周期性を持つ1次元離散電気信号列に離散的フーリエ変換等の公知の直交変換を施して空間周波数領域に変換する直交変換工程3、検出しようとするパターン固有に現われる空間周波数成分の位相を空間周波数領域で算出する位相算出工程4、位相算出工程4で得た位相から位置を算出する位置検出工程5からなり、マークの位置が検出される。

【0008】ここでパターン固有に現われる空間周波数成分の周波数（以下、注目周波数と称す）は装置及びマークの設計値から算出するか、得られた信号列のパワースペクトルを作成し、パワーが最大になる周波数として算出する。この周波数は装置及びマークの設計値から算出する近辺の値となる。

【0009】本方法はマーク像として得られる信号列の周期性に着目して位置を検出するため、信号に混在するノイズの影響を受けにくい優れた方法である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記説明した位置検出方法は、精密な位置検出を必要とする位置検出装置においてきわめて有効な方法である。この方法には直交変換を施す信号幅の大きさによって折り返し誤差等の検出誤差が発生する問題がある。しかしながら従来は、公知のハミングウィンドウ等を予め信号に施すと検出誤差を小さい値に抑えることができるため、その影響は精度上問題となるものではなかった。この検出誤差を以下では処理幅誤差と称することとする。

【0011】しかしながら、位置検出精度の向上への要求が高まるに従い、上記の処理幅誤差も考慮に入れる必要が生じている。

【0012】例えば、半導体露光装置では前述のように位置検出精度の向上が重要な技術課題となっており、残る誤差として処理幅誤差も問題となる値として取り扱う必要が出てきた。

【0013】上記処理幅誤差は直交変換を施す信号幅を検出パターンの1周期長の整数倍に設定すれば減少する。しかし検出パターンの周期長は装置やマークの設計値から一応の算出はできるものの、装置やマークの状態により設計値からずれる場合もあり、予め正確かつ安定

に1周期長を決定することが難しい。

【0014】本発明は信号処理する際の基本波形となる1周期長が正確に分かっていない場合でも、安定した精度で位置を検出できる位置検出方法及び位置検出装置を提供することを目的としている

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明では上記課題を解決するため、図1に示す様に図12の従来例の位置算出工程の前に、直交変換幅を調整する直交変換処理幅調整工程2を追加したことを特徴としている。

【0016】以下、直交変換幅調整工程2において直交変換幅を実際に調整する方法について説明する。ここで予め装置毎に設定してある調整前の処理幅を初期処理幅と呼ぶ。図9は処理幅を変えた場合の注目周波数における処理幅誤差とパワーをグラフで示したものである。ここで注目周波数とは予め設計値等から算出した周期的パターン信号の周波数をいう。グラフ中の横軸は処理幅、縦軸で実線が処理幅誤差、波線がパワーを表わしており、注目周波数におけるパワーが最大となる直交変換処理幅で処理幅誤差が小さくなっていることが分かる。この解析より、本発明では注目周波数におけるパワーが最大となる処理幅に直交変換処理幅を調整することを特徴としている。

【0017】具体的手順は初期処理幅付近の種々の処理幅で注目周波数のパワーを計算し、得られたパワーが最大となる処理幅を求めることになる。処理幅の計算範囲は初期処理幅を中心として、周期的パターン信号の約1周期長幅の範囲とするとよい。しかしながらこの方法は、パワーを計算する対象となる処理幅の個数だけ直交変換を行なう必要があり、処理時間の面で不利である。このため本発明では以下の2つの方法のいずれか、または双方を採用して注目周波数のパワーが最大となる処理幅を求めることを特徴としている。

【0018】第1の処理幅調整法は最適処理幅をサーチする方法である。図10はこのやり方を示したもので初期処理幅から注目周波数のパワーが大きくなる方向へ処理幅を増減し、注目周波数のパワーが最大となる処理幅を探すものである。このやり方で直交変換を行なう回数を減らすことができる。

【0019】第2の処理幅調整方法は関数近似を用いる方法である。図11に示すように初期処理幅付近の複数の幅で注目周波数のパワーを求めて処理幅とパワーの関係を関数近似し、注目周波数のパワーが最大となる処理幅が求められる。この処理法は必ずしもパワーが最大となる処理幅を正確に求めるものではないが、少ない処理時間でパワー最大付近の処理幅を簡単に求めることができることが特徴である。

【0020】例えば3つ以上の処理幅で注目周波数のパワーを求め、最小自乗法で処理幅とパワーの関係を2次関数で近似し、該2次関数でパワーが最大となる処理幅

を算出するといった方法が典型例である。

【0021】最適処理幅の決定では初期設定する処理幅が求めたい処理幅になるべく近い値である方が、第1の処理幅調整方法では計算時間の点で、第2の処理幅調整方法では計算時間と精度の点で有利である。このため本発明では第1または第2の方法を用いる前に、第3の処理幅調整方法として初期処理幅調整を挿入することが有効である。このためには特開平3-282715号公報のように、初期処理幅で先ずパワースペクトルを求め、該パワーを重みとして重みつき平均処理を行ない、パワーが最大となる周波数を補間で求め、この周波数から求めた処理幅に初期処理幅を変更する等の方法が適用できる。

【0022】またこれら全てを組合せて、第3、第2、第1の処理幅調整法の順に処理を行なっていくことも可能である。

【0023】従って本発明は周期的パターン信号を発生する周期的パターン信号発生工程及び手段と、直交変換の処理幅を調整する直交変換処理幅調整工程及び手段と、周期的パターン信号の位相を算出する位相算出工程及び手段と、該位相から位置を算出する位置算出工程及び手段を備えることを特徴としている。

【0024】本発明ではマーク像として得られる信号列の周期性に着目して位置を検出するため、信号に混在するノイズの影響を受けにくく、さらに直交変換処理幅調整工程を入れることにより基本波形の1周期の長さが正確に分かっていない場合でも、安定した精度で位置を検出することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】図1は本発明の実施形態例1のフローチャートであり、本発明を適用した信号処理の代表的な構成例、図2は上記信号処理を用いた位置検出装置の構成例である。図2においてWは位置検出される部材、MはW上に形成された位置合わせ用マークである。11は周期的パターン信号発生手段で、マークMの位置に応じて周期的パターン信号を発生する。

【0026】具体的には周期的に並んでいるマークを照明してその反射光を観察面に受光、結像し、光電変換、A/D変換を施すことで、周期性を持つ1次元離散信号列に変換できる。別の方法として周期的に並んでいるマークを単色光で照明し、反射回折光の±n次光(n=1, 2, ...)を用いて観察面に干渉縞を生成し、該干渉縞に光電変換、A/D変換を施すことで、該マークの情報を周期性を持つ1次元離散信号列として出力することもできる。

【0027】続く12は直交変換処理幅調整手段で、後述の直交変換処理幅調整工程で、直交変換幅を調整する。13は直交変換手段で、周期的パターン信号発生手段11が出力する周期性を有する1次元離散信号列に直交変換を施す。14は位相算出手段で、直交変換手段13から出力された周波数空間領域での値を用いて周期的

パターン信号の位相を求める。

【0028】15は位置算出手段で、位相算出手段14から出力された位相を位置ずれ量、即ちマーク位置の換算する。ここで直交変換処理幅調整手段12、直交変換手段13、位相算出手段14及び位置算出手段15は専用の電子回路、または汎用の計算機等の公知の手段で容易に実現可能である。また直交変換処理幅調整手段12、直交変換手段13、位相算出手段14及び位置算出手段15は同一の装置を用いて実現することも可能である。

【0029】図1は上述のハードを用いた信号処理の工程を示すものである。周期的パターン信号発生工程1で

$$X_r(f) = \sum_{n=-N/2}^{N/2} x_o(n) \cos(-2\pi n f / N) \quad \dots\dots (1)$$

$$X_i(f) = \sum_{n=-N/2}^{N/2} x_o(n) \sin(-2\pi n f / N) \quad \dots\dots (2)$$

(1)、(2)で、 x は入力信号列、 X_r は空間周波数成分の実数部分、 X_i は空間周波数成分の虚数部分、 N は離散フーリエ変換処理幅、 x_o は離散フーリエ変換処理範囲の中心で位相検出を行なう位置、 f は求める空間周波数成分の周波数である注目周波数である。

【0032】直交変換は2の直交変換処理幅調整工程で調整した処理幅で行なわれ、求める空間周波数成分の周波数は周期的パターン信号の周波数のみで構わない。ただし、周期的パターン信号の周波数が設計値などから既知でない、もしくは安定しない場合は、複数の周波数で

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{X_i(f)}{X_r(f)} \right) \quad \dots\dots (3)$$

位置算出工程5は、位相算出工程4で得た位相 θ からマーク位置 d を以下の式で算出する。

$$d = x_o + \left(\frac{\theta N}{\pi f} \right) \quad \dots\dots (4)$$

この式は x_o に位相 θ 分だけ周期的パターン信号が進んだときの進み幅を加えたものである。

【0036】マーク位置はこのような処理工程により検出することができる。また本発明では信号列の周期性に着目して位置を検出しているため、信号に混在するノイズの影響を受けにくい。

【0037】なお、周期的パターン信号の1周期の長さは予め分かっているもの、測定毎の変動が少ないことが分かっている時には、図3に示すように最初の複数回(1回以上)の計測時のみ直交変換処理幅調整工程2を行ない、その後は最初の複数回で用いた処理幅を用いて計測し処理時間の短縮を図ることができる。用いる計測幅としては最初の複数回の平均値を用いる等の処理がある。

は周期的パターン信号発生手段11から周期性を持つ1次元離散信号列を得、直交変換処理幅調整工程2が後述の方法で、直交変換幅を調整する。

【0030】続く直交変換工程3は周期的パターン信号発生工程1で得た周期性を有する1次元離散信号列に離散フーリエ変換等の公知の直交変換を施し、信号を空間周波数領域に変換する。例えば直交変換として離散フーリエ変換を用いた場合、空間周波数領域の値は以下の変換式で求めることができる。

【0031】

【数1】

直交変換を行ない、パワーが最大となる周波数を選択することで対応できる。また、直交変換として離散フーリエ変換を用いた場合は処理幅を2の冪乗にし、公知の高速フーリエ変換により全周波数での値を求めた後、パワーが最大となる周波数を選択してもよい。

【0033】位相算出工程4は、空間周波数領域で検出しようとするパターン固有に現われる空間周波数成分の位相 θ を以下の公知の式で算出する。

【0034】

【数2】

【0035】

【数3】

【0038】また最初の複数回(2回以上)の計測値の処理幅の変動量から、以降の計測で直交変換処理幅調整工程2を行なうかを判断して、処理時間の短縮を図ることもできる。例えば最初の複数回(2回以上)の計測時の処理幅の変動の幅が予め設定した値以下であれば、以降の計測では直交変換処理幅調整工程2は行わず、最初の複数回の計測で用いた処理幅の平均値を用いて計測する。

【0039】また上記直交変換処理幅調整工程2を行なうか、最初の複数回の計測で用いた処理幅の平均値を用いるかの判定を定期的に行なうことも可能である。このように処理幅の変化の履歴を記憶し、モニターすることは処理時間の削減に効果がある。

【0040】続いて直交変換処理幅調整工程2について

詳細に説明する。直交変換処理幅調整工程2は前述の3つの処理幅調整方法、及びそれらの組合せで実現される。

【0041】第1の処理幅調整方法は初期処理幅付近の各処理幅で直交変換を行なって注目周波数のパワーを求め、該パワーが最大となる処理幅を求める方法である。ここで初期処理幅付近とは初期処理幅を中心として約1周期長の範囲に相当する領域である。図4のフローチャートは第1の処理幅調整方法の具体的な手順例で、初期処理幅からパワーが大きくなる方向へ処理幅を増減しながら、パワーが最大となる処理幅を探す方法を示している。図中処理幅 N_i は初期処理幅 N_0 に i を加えた処理幅を示すもので、調整後の処理幅は N' とする。

【0042】図4において先ずステップS201では初期処理幅を N_0 を出発点として、 N_0 から1引いた $N-1$ 、 N_0 に1を加えた N_1 の3つの処理幅で入力信号列の直交変換を行なう。ステップS202ではステップS201で行なった直交変換の値を用いて以下の式で注目周波数における各々のパワー P を算出する。

$$【0043】P=X_i(f)^2+X_r(f)^2 \quad \dots\dots (5)$$

ステップS203ではステップS202で算出した各々のパワーを比較し、処理幅 N_0 のパワーが最大の場合はステップS204、処理幅 $N-1$ のパワーが最大の場合はステップS205、処理幅 N_1 のパワーが最大の場合はステップS209へ進む。

【0044】ステップS204に進むのは初期処理幅 N_0 がパワー最大なので、 N_0 を調整処理幅 N' として第1の処理幅調整方法を終了する。

【0045】ステップS205に進むのは初期処理幅 N_0 がパワー最大の処理幅より大きい場合で、処理幅を小さくしながらパワー最大の処理幅の探索が行なわれる。具体的にはステップS205からステップS207までのループがこの探索に相当し、ステップS207の判断でステップS208へ進むまで処理幅の変更が行なわれる。

【0046】ここで最適処理幅を探索する k 番目のループの中での処理幅を $N-k$ とする。なお、 $N-k$ の初期値は $N-1$ である。 k 番目のループではステップS205で前の処理幅 $N-(k-1)$ を1減らした $N-k$ で入力信号列に直交変換を施す。続いてステップS206ではステップS205で行なった直交変換の値を用いて、注目周波数のパワーを算出する。ステップS207ではステップS206で算出した処理幅 $N-k$ でのパワーと、前のループで算出した処理幅 $N-(k-1)$ でのパワーを比較し、 k 番目のループで算出した処理幅 $N-k$ のパワーの方が大きい場合は、さらに処理幅を小さくする方がよいと判断してステップS205へ戻り、 k 番目のループで算出した処理幅 $N-k$ のパワーの方が小さい場合は処理幅 $N-(k-1)$ がパワー最大の処理幅であったと判断してステップS208へ進む。そしてステ

ップS208において処理幅 $N-(k-1)$ を調整処理幅 N' として、第1の処理幅調整方法を終了する。

【0047】ステップS209に進むのは初期処理幅 N_0 がパワー最大の処理幅より小さい場合で、処理幅を大きくしながらパワー最大の処理幅の探索が行なわれる。具体的にはステップS209からステップS211までのループがこの探索に相当し、ステップS211の判断でステップS212へ進むまで処理幅の変更が行なわれる。

【0048】ここで最適処理幅を探索する k 番目のループの中での処理幅を N_k とする。なお、 N_k の初期値は N_1 である。 k 番目のループでステップS209では処理幅 $N-(k-1)$ を1増やした N_k で入力信号列に直交変換を施す。続いてステップS210ではステップS209で行なった直交変換の値を用いて、注目周波数のパワーを算出する。ステップS211ではステップS210で算出した処理幅 N_k でのパワーと、前のループで算出した処理幅 $N-(k-1)$ でのパワーを比較し、 k 番目のループで算出した処理幅 N_k のパワーの方が大きい場合は、さらに処理幅を大きくする方がよいと判断してステップS209へ戻り、 k 番目のループで算出した処理幅 N_k のパワーの方が小さい場合は処理幅 $N-(k-1)$ がパワー最大の処理幅であったと判断してステップS212へ進む。そしてステップS212において処理幅 $N-(k-1)$ を調整処理幅 N' として、第1の処理幅調整方法を終了する。

【0049】以上に記した第1の処理幅調整方法の手順で直交変換処理幅調整工程2が実現される。なお第1の処理幅調整方法で直交変換処理幅調整工程2を実現した場合は既に調整処理幅 N' つまり処理幅 N_k-1 で直交変換を行なっているので、以降の直交変換工程3はスキップすることができる。

【0050】本発明で提示する第二の処理幅調整法は初期処理幅付近の複数個の処理幅で予め直交変換を行なって注目周波数のパワーを求め、処理幅とパワーの関数を関数近似する手法である。求められた関数関係から注目周波数のパワーが最大となる処理幅が算出される。図5は第2の処理幅調整方法の具体的な手順を示すフローチャートで、3つの処理幅で注目周波数のパワーを求め、処理幅とパワーの関係を2次関数で近似した例を示している。

【0051】図5においては最初のステップS301において初期処理幅 N_0 、初期処理幅から w 引いた処理幅 $N-w$ 、初期処理幅に w 加えた処理幅 Nw の3つの処理幅で入力信号の直交変換が行なわれる。ここで w は予想される信号の周期長の $1/4$ 程度の値とする。

【0052】次いでステップS302でステップS301で行なった各処理幅の直交変換の値を用いて注目周波数のパワー P_0 、 $P-w$ 、 Pw を算出する。

【0053】ステップS303の分岐は最適処理幅の存

在領域を求めるものである。この分岐はパワーP0、P-w、Pwのなかで処理幅N0のパワーP0が最大となるように処理幅N0、N-w、Nwを変更することを目的としている。これは中心の処理幅N0のパワーが最大の時、最適処理幅を求める近似精度がよくなるからである。即ち、ステップS303ではステップS302で求めたパワーP0、P-w、Pwを比較し、処理幅N0のパワーP0が最大の場合はステップS306へ、処理幅N-wのパワーP-wが最大の場合はステップS304へ、処理幅NwのパワーPwが最大の場合はステップS305へ進む判断がなされる。

【0054】ステップS304はN0という処理幅がパワー最大の処理幅より大きい場合で、この結果を受けて各処理幅N0、N-w、Nwが一律にwだけ減らされる。減算量がwであるため対応がずれ、最初の処理幅N0、パワーP0を新しい処理幅Nw、パワーPwに、最初の処理幅N-w、パワーP-wが新しい処理幅N0、パワーP0に置き換える。しかる後最初の処理幅N0よりw小さい新しい処理幅N0からw引いた処理幅をN-wとしてパワーP-wを算出し、ステップS303に戻る。

$$N' = \frac{(P-w-P0)(N0-N-w)(N0+Nw) - (P0-Pw)(N-w-N0)(N-w+N0)}{2 \{ (P-w-P0)(N0-Nw) - (P0-Pw)(N-w-N0) \}} \dots (6)$$

本算出式は処理幅とパワーの関係を2次関数

$$y = ax^2 + bx + c \quad (7)$$

に近似し、該関数を決定する3点の座標として

$$(x, y) = \{ (N-w, P-w), (N0, P0), (Nw, Pw) \}$$

(8)を当てはめてa、b、cを求めたものである。2次関数に近似したため、パワーを表わすyが最大となる処理幅xは

$$x = -2a/b \quad (9)$$

で算出される。算出された処理幅Nを最終処理幅N'として第2の処理幅調整方法を終了する。

【0058】以上、直交変換処理幅調整工程2の実例として第1の処理幅調整方法、第2の処理幅調整方法について述べたが、勿論他の方法で注目周波数のパワーを最大とする処理幅を算出することもできる。

【0059】第3の処理幅調整方法は初期処理幅でパワースペクトルを求め、該パワースペクトル上の注目周波数付近でパワーを重みとした加重平均で補間してパワー

$$f' = \frac{P-1(f0-1) + P0f0 + P1(f0+1)}{P-1 + P0 + P1} \dots (10)$$

そしてステップS405でステップS404で求めた補正周波数f'から以下の式で最終的な補正処理幅N'を計算する。即ち、

$$N' = (f0/f')N0 \quad (11)$$

(11)式のN'は補正周波数f'となる1周期をT、即ち

$$T = N0/f' \quad (12)$$

る。

【0055】ステップS305はN0という処理幅がパワー最大の処理幅より小さい場合で、この結果を受けて各処理幅N0、N-w、Nwが一律にwだけ増やされる。加算量がwであるため対応がずれ、最初の処理幅N0、パワーP0を新しい処理幅N-w、パワーP-wに、最初の処理幅Nw、パワーPwが新しい処理幅N0、パワーP0に置き換える。しかる後、最初の処理幅N0よりw大きい新しい処理幅N0からw加えた処理幅をNwとしてパワーPwを算出し、ステップS303に戻る。

【0056】上記のループは最終的にステップS306に抜け出す。ステップS306においては今までに算出したN-w、N0、Nw及びP-w、P0、Pwを用い、処理幅とパワーの関係を最小自乗法で2次関数に近似し、パワーが最大となる処理幅N'を以下の式で算出する。

【0057】

【数4】

が最大となる離散値でない周波数を求め、この周波数から求めた処理幅を補正処理幅とする方法である。

【0060】図6は第3の処理幅調整方法の具体的な手順を示すフローの例である。入力信号列はステップS401において初期処理幅N0で複数の周波数で直交変換を行ない、ステップS402で各周波数のパワーを算出し、パワースペクトルを作成する。

【0061】ステップS403はパワースペクトル上の注目周波数付近においてパワーが最大となる周波数f0を求めるステップである。続くステップS404でパワーが最大の周波数f0、パワー最大の周波数から1引いた周波数f0-1、パワー最大の周波数から1加えた周波数f0+1に対し各々のパワーP0、P-1、P1を重みとして加重平均して補間し補正周波数f'が求められる。

【0062】

【数5】

を比例倍(f0)したものである。これにより第3の処理幅調整方法が終了する。

【0063】第3の処理幅調整方法として、ここでは重み付き平均法で補正周波数を算出する例を述べたが、他の関数近似でパワーを補間してもよい。

【0064】第3の処理幅調整方法の手順は処理時間が早いという特徴を持つ反面、第1及び第2の処理幅調整

方法と異なって必ずしもパワー最大となる処理幅を直接算出する方法ではないので、第1及び第2の処理幅調整方法に比べて処理幅の調整精度は劣る。

【0065】以上ここでは第1から第3まで3つの処理幅調整方法について説明した。第1及び第2の処理幅調整方法は各々1つの方法でも直交変換処理幅調整工程2を実現可能であるが、第1から第3の処理幅調整方法の組合せも精度と処理時間のバランスという点で効果がある。

【0066】例えば第3の処理幅調整方法を用いて算出した補正処理幅 N' を初期処理幅 $N0$ として第2の処理幅調整方法を適用したり、同様に第3の処理幅調整方法を用いて算出した補正処理幅 N' を初期処理幅 $N0$ として第1の処理幅調整方法を適用するのも効果的である。この場合、第1や第2の処理幅調整方法を行なう前に第3の処理幅調整方法が行なわれて初期処理幅 $N0$ が正しい値に近づいているため、第1や第2の処理幅調整方法中での繰り返し回数が減り、第1、第2の処理幅調整方法を単独で適用するよりも、計算時間の点で有利である。

【0067】上述したように、実施例1ではマーク像として得られる信号列の周期性に着目して位置を検出するため、信号に混在するノイズの影響を受けにくく、また直交変換処理幅調整工程2を導入したことにより周期パターンの1周期長が正確に分かっていない場合でも、安定した精度で位置を検出することができる。

【0068】本発明は実施形態例1に示したように単純に物体の位置を検出するだけでなく、半導体製造用露光装置におけるレチクル（もしくはマスク）とウエハの位置合わせにも適用することができる。図7はその装置構成例を示すものである。

【0069】図7でWは半導体ウエハでこの表面に位置検出用のパターンMが形成されている。21はウエハをx、y、z方向に移動させるためのxyステージで、22はレチクルR上の回路パターンをウエハW上に投影するための投影光学系である。23は照明系で、ここから射出した光はハーフミラー24、投影光学系22を通りウエハW上のパターンMを照明する。パターンMからの反射光は投影光学系22を通り、ハーフミラー24により、検出光学系25に導かれる。

【0070】検出光学系25はパターンMの像を所定の倍率で撮像手段（撮像装置）26の撮像面上に結像する。本装置では予め適当な検出手段により、撮像装置26の撮像面におけるレチクルRの位置が既知量となっている。レチクルRのウエハWの相対位置を求めるには、撮像装置26の撮像面上におけるパターンMの位置を検出すればよい。

【0071】撮像装置26は例えば2次元イメージセンサー等の光電変換装置で、撮像した像を電気信号に変換する。

【0072】図8(a)はx方向の位置検出を行なう場合で、位置検出マークMを含むウエハの領域が撮像装置26に結像した状態を示したものである。Fは撮像装置の有効視野で、 M' はウエハW上の位置検出パターン像の一例である。図8(a)のx方向の位置検出において、パターン M' は同一形状の矩型パターンをx方向に等間隔 λp で複数個配置したものとなっている。

【0073】撮像装置26によって2次元のパターン像の情報は電気信号に変換され、図7のA/D変換手段27によって、撮像面のxy方向2次元のアドレスに対応した離散信号列に変換される。この離散信号のサンプリング間隔 λs は投影光学系22と検出光学系25の光学倍率、及び撮像面の画素間隔で決定できる。

【0074】図7の28は積算装置で、図8(a)の31に示すようにパターン M' を含む2次元ウィンドウを有効視野F上に設定し、このウィンドウ内で図8(a)のy方向に画素積算を行ない、図8(b)に示すx方向の1次元離散信号列 $S(x)$ を出力する。図8(b)では見やすくするため、個々の離散信号列 $S(x)$ の各点を直線で結んでいる。

【0075】図7の22から28は図1における周期的パターン信号発生手段11の実現例となっている。27、28は2次元のパターン信号を画素積算し、1次元信号列を得る構成になっているが、2次元信号の1行または1列をそのまま1次元信号列としてもよい。また2次元センサーの代わりに1次元センサーを用いて1次元信号列を得ることもできる。

【0076】図7の22から28は特開平5-343291号公報に記載の装置によっても実現することができる。特開平5-343291号公報に記載の装置はウエハ面上に設けた位置合わせ用（アライメント用）格子状マークを露光光と異なる波長の単色光で照明し、この時発生する反射回折光に基づいた干渉像を撮像手段面上に形成する。しかる後、該撮像手段で光電変換された映像信号を利用してレチクルとウエハの位置合わせを高速で、高精度に行なうものである。

【0077】図7の12から15は図1の直交変換処理幅調整手段12、直交変換手段13、位相算出手段14、位置算出手段15である。これらの手段は第一の実施例と同様に直交変換処理幅調整工程2、直交変換工程3、位相算出工程4、位置算出工程5によりマークの位置ずれ量を検出する。そして位置算出手段15の出力がステージ駆動装置29に送られ、これによりステージ21が駆動されて、レチクルRとウエハWの位置合わせを行なう。

【0078】本実施例では、ウエハの位置検出及びそれを用いたウエハとレチクルの位置合わせについて述べた。本発明は他にもマスクまたはレチクル、ステージ等の半導体露光装置の一部の位置検出、マスクと装置基準位置、装置部品間の相対位置合わせにも適用できる。半

半導体製造用露光装置に適用した本実施形態も、マーク像として得られる信号列の周期性に着目して位置を検出するため、信号に混在するノイズの影響を受けにくい。また直交変換処理幅調整工程を行なうことで基本波形の1周期長が正確に分かっていない場合でも、安定した精度で位置を検出することができる。

【0079】

【発明の効果】以上述べたように、本発明ではマーク像として得られる周期的パターン信号の信号列の周期性に着目して位置を検出するため、信号に混在するノイズの影響を受けにくく、基本波形の1周期長が正確に分かっていない場合でも、安定した精度で位置を検出することができる。本発明の直交変換処理幅調整工程の導入は繰り返し誤差による誤差を小さくし、位置検出精度を向上させることができる。また、種々の直交変換処理幅調整工程を組合せることで精度の向上のために要する信号処理時間も最小に抑えることができる。

【0080】本発明は応用分野として位置検出精度が重視される半導体製造用露光装置などにおいて、特に有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の信号処理の手順を示す図、

【図2】 本発明を適用した位置検出装置の構成例、

【図3】 本発明の位置検出方法の他の構成例、

【図4】 第1の直交変換処理幅調整工程の処理手順例、

【図5】 第2の直交変換処理幅調整工程の処理手順例、

【図6】 第3の直交変換処理幅調整工程の処理手順例、

【図7】 本発明を適用した半導体露光装置の構成例、

【図8】 撮像素子で撮像したマークとその積算波形、
【図9】 注目周波数での処理幅誤差とパワーの関係の説明図、

【図10】 第1の直交変換処理幅調整工程の説明図、

【図11】 第2の直交変換処理幅調整工程の説明図、

【図12】 従来例の信号処理の代表的な構成例。

【符号の説明】

1 周期的パターン信号発生工程、

2 直交変換処理幅調整工程、

3 直交変換工程、

4 位相算出工程、

5 位置算出工程、

11 周期的パターン信号発生手段、

12 直交変換処理幅調整手段、

13 直交変換手段、

14 位相算出手段、

15 位置算出手段、

21 x y ステージ、

22 投影光学系、

23 照明系、

24 ハーフミラー、

25 検出光学系、

26 撮像装置、

27 A/D変換手段、

28 積算装置、

29 ステージ駆動装置、

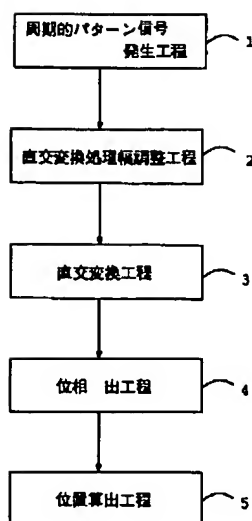
31 2次元ウィンドウ、

W 位置計測部材(ウエハ)、

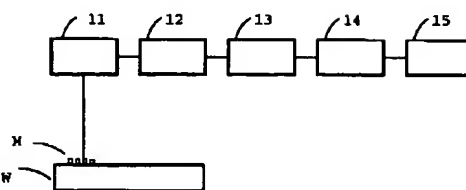
M マーク、

R レチクル

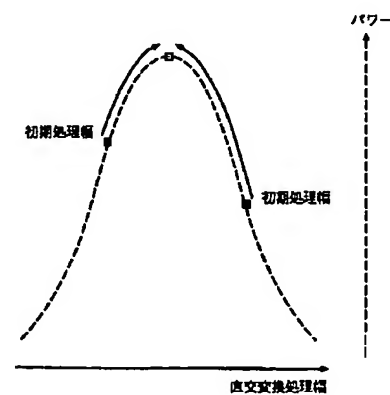
【図1】



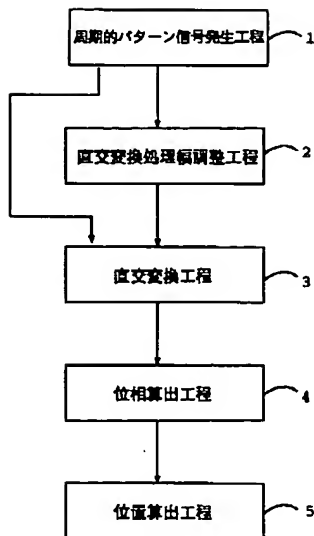
【図2】



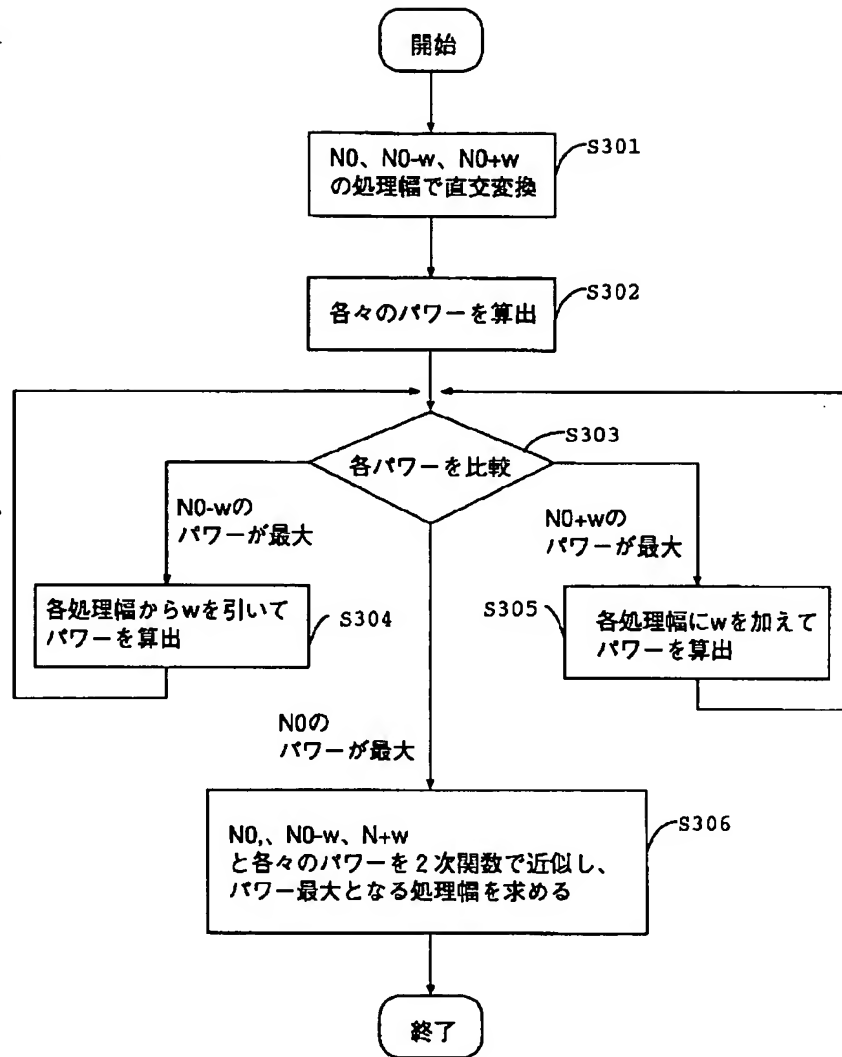
【図10】



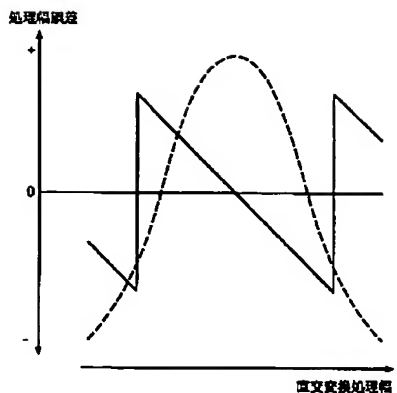
【図3】



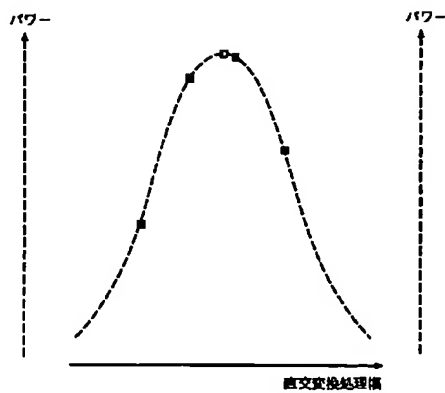
【図5】



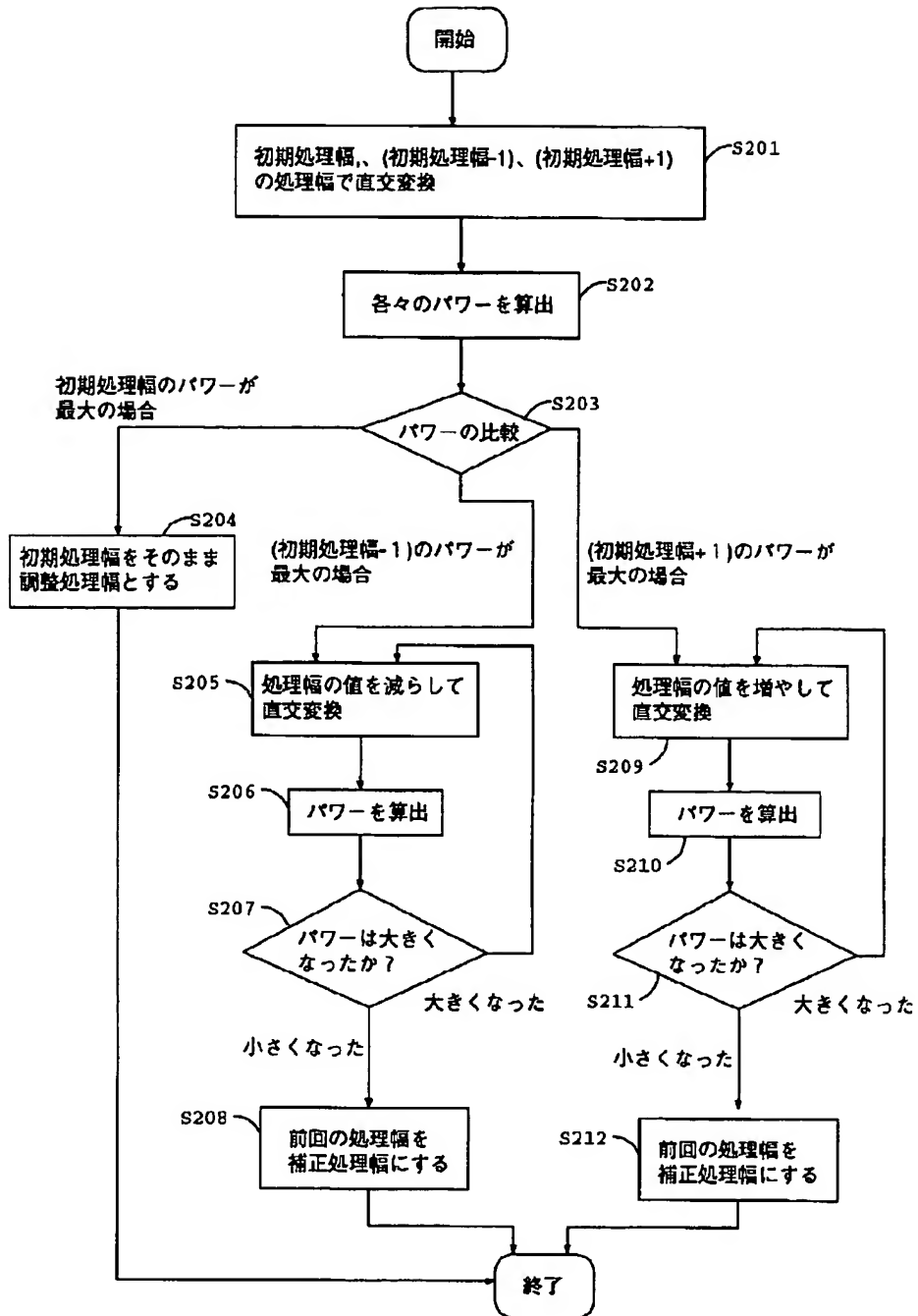
【図9】



【図11】



【図4】



【図7】

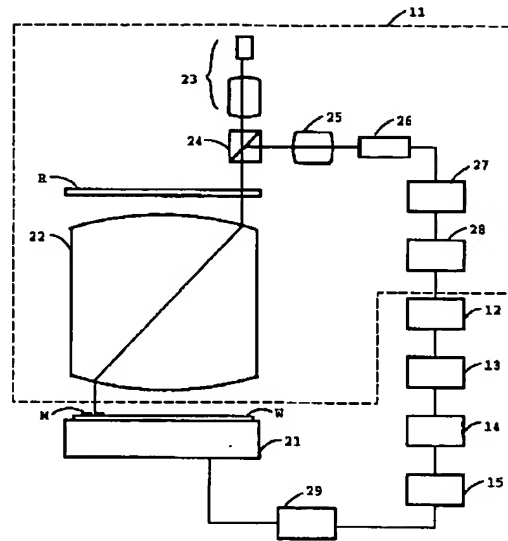


Figure 1 consists of two parts. Part (a) is a schematic diagram of a periodic structure. It shows a series of vertical rectangular elements of width λ_D arranged along a horizontal axis. A dashed line labeled M' runs through the center of the elements. A coordinate system with x and y axes is shown at the bottom left. A label F is placed below the structure. Part (b) is a graph of the function $S(x)$ versus x . The graph shows a highly oscillatory signal with a period λ_S .

【図12】

